

VII-1. 中課題 4-1 カキ礁の造成による貧酸素水塊の軽減

/佐賀県鹿島市地先

VII-1. 中課題 4-1 カキ礁の造成による貧酸素水塊の軽減

1. 技術開発の概要

1.1 背景と目的

有明海において、度々発生する赤潮や貧酸素水塊等が要因とされる漁業被害に対し、カキ礁造成による水質浄化、有機沈降物の減少といった漁場改善効果が注目されており、カキ礁が見直されている¹⁾。また、カキは、二枚貝の中でも濾水量が大きいため、植物プランクトンを大量に摂取するとともに、成長速度が速いことが知られている。

鹿島市地先の浜川や塩田川河口には、以前よりカキ礁が現存し、長い間重要な水産資源として利用されるとともに、有明海の水質浄化等に重要な役割を果たしてきたと考えられる。しかし、戦後の1950年（昭和25年）以降、カキ垂下養殖技術の発展とともにカキ礁の利用が減少し、これと併せて赤潮や貧酸素水塊の発生が要因と考えられる漁業被害が報告されるようになった²⁾。

1977年（昭和52年）のカキ礁面積は、佐賀県有明海域で546haであったとされる。しかし、1978年（昭和53年）以降、ノリ養殖漁業振興等のため、東部から中部海域にかけて多くのカキ礁が除去され、現在のカキ礁は、西部海域、筑後川河口域、および六角川河口域に分布しているだけとなっており、その面積は161haに減少している³⁾。一方、佐賀県有明海域カキ生産量は、図1に示すとおりであり、1921年（大正10年）の約30,000t（養殖、天然が半数程度）を超える生産量をピークとして、大幅に減少している状況にある。

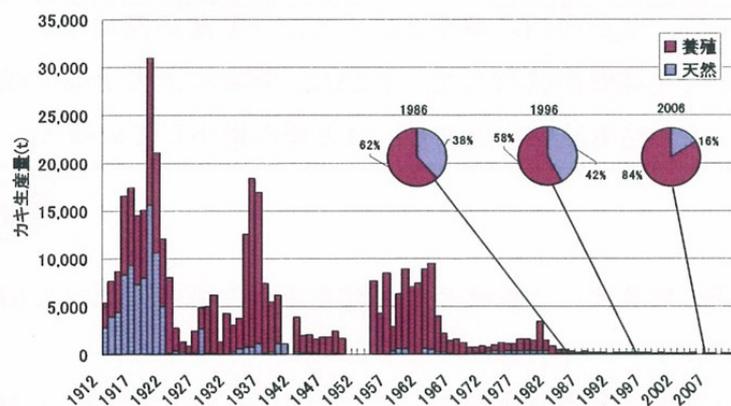


図1 佐賀県有明海域カキ生産量

出典：佐賀県有明水産振興センター(2012)：佐賀県有明海域カキ生産量(殻付き湿重量)

有明海・八代海等総合調査評価委員会の報告⁴⁾によると、カキ礁は①泥干潟の上に形成され、多くのベントスが住み込み生物多様性の向上に繋がる、②多くの魚類にとって産卵場・成育場・摂餌場として利用され、生物多様性の保全機能を有している、さらに③カキによって植物プランクトンが捕食されるため、結果としてカキ礁によって赤潮の抑制効果を有する、④この赤潮の抑制により、底層に供給される有機物が減少することで、貧酸素水塊の発生が緩和されるとされている。

一方、山口ら⁵⁾は、図2に示すとおり、①数値シミュレーションを用いて、有明海湾奥部におけるカキ礁の貧酸素緩和効果を評価し、②カキ礁が増加することで、植物プランクトン密度が低下し、溶存酸素濃度が高くなることを示した。

このようなことから、近年佐賀県有明海漁業協同組合連合会や民間団体等によって、カキ礁造成のための

取組が実施されるようになっている。また、カキ礁造成方法は、従来からの経験的な方法の他に「カキ礁育成と維持管理に関する技術マニュアル⁶⁾」といった技術マニュアルがあるものの、どこにどのような手順で実施するか明確にされておらず、経験的な方法をもとに試行錯誤が繰り返されているのが現状である。

そこで、平成 28～29 年度に「各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業」によって、カキ礁を造成するための、「着生材を設置する適地選定」、「具体的な方法」に関する実証実験が行われ、以下が報告された。

- 1) 佐賀県湾奥部におけるカキ礁の適正地盤高は、「C.D.L.+1.5m」前後である。
- 2) 着生材別の着生効果は、過去の知見同様、ホタテ貝殻が最も多く、次いで竹ほうきと竹であった。
- 3) 着生材を「着生効果」、「耐久性」、「経済性」、「作業性」から評価した場合、「竹ほうき」と「竹」が適している。しかし、これらの残存率が少ない。
- 4) 着生材を設置し、カキ礁になるまでの期間をバイオマスから推測すると、約 6 年と想定される。

以上より、過去の知見やこれまでの成果と課題を踏まえて、平成 31 年度の結果において、カキ礁による貧酸素水塊軽減のための技術開発である、①漁業者自らが実施可能な造成手法の開発、②カキ礁の造成による貧酸素水塊軽減効果の検討（数値解析）を実施した。

その結果、以下の成果と課題を得た。

- 1) 平成 29 年度に設置したネット式の着生材において、目標値と設定した天然カキ礁のバイオマス量 (20wet-kg/m²) を 3 年でほぼ達成することができた。
- 2) 平成 31 年度に設置した棚式着生材における着生量は現地盤+0.3m の高さで最大値を得ることができ、着生材の適正設置高さを把握することができた。
- 3) 底層 DO が 3mg/L となる累積時間は、カキ礁の分布条件により異なるが、最大で 10～20%軽減できることが分かった。

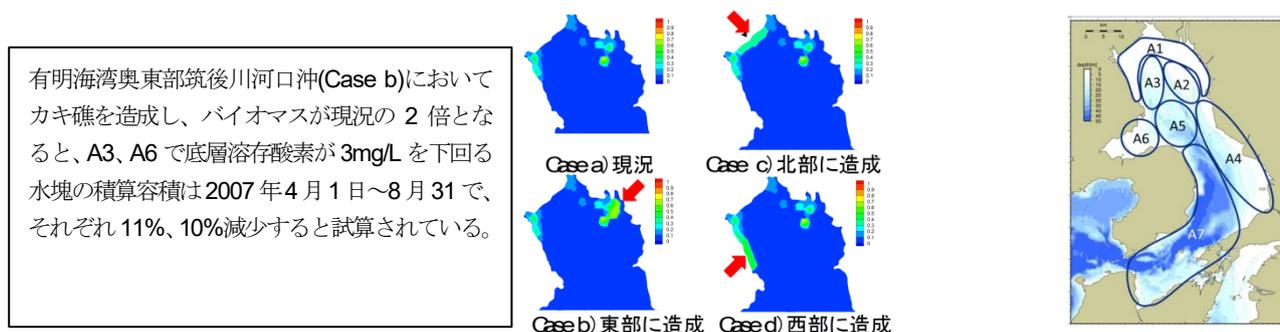


図 2 カキ礁造成による貧酸素緩和効果についての既往知見⁵⁾

過年度の実証事業の成果より、カキ礁造成において、着生し易い素材の明確化、着生し易い地盤高、目標値としている天然カキ礁のバイオマス量 (20wet-kg/m²) に掛かる年数等を明確にすることができた。また、既往知見の整理によって新たにカキ礁の造成が可能な地区を GIS にて整理し、その面積を算出した。さらに、貧酸素水塊に対して、カキ礁の造成が一定の軽減効果を示すという結果が得られた。

そこで、本年度は棚式着生材（面的）を造成し、実証面積を広げることを意図した効率的なカキ礁造成技術の開発を行うことを目的とする。

1.2 実施場所と実験区の配置

実施場所、実験配置図（測器配置図を含む）を図1から図2に示す。
 実施場所は、図3、図4および表1に示すとおりである。

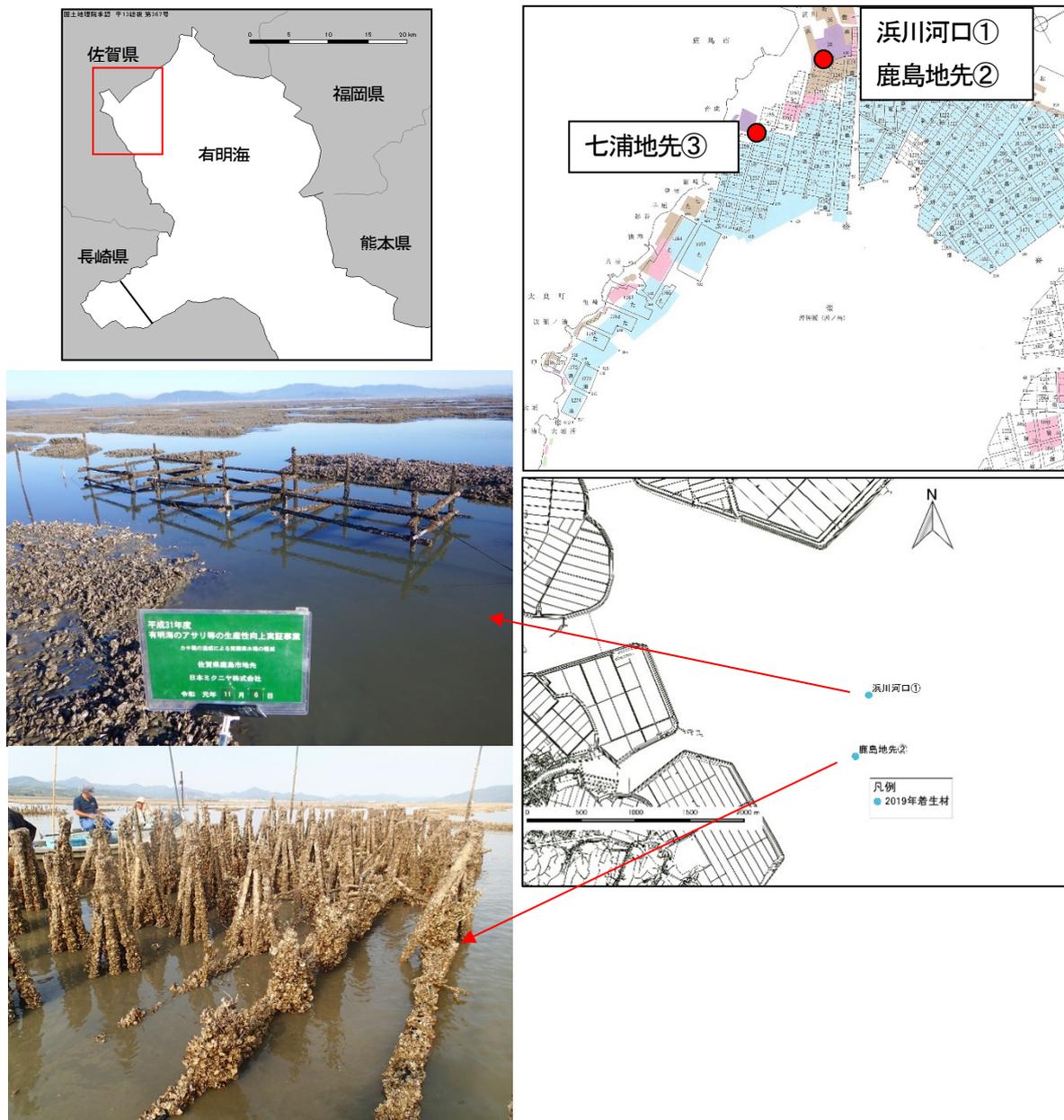


図3 実施場所

表1 実施場所の緯度経度

| 場所 | 緯度 | 経度 |
|----------------|----------------|-----------------|
| 浜川河口①(R1 設置) | 33° 06' 00.80" | 130° 09' 14.60" |
| 鹿島地先② (H30 設置) | 33° 05' 42.30" | 130° 09' 10.10" |
| 七浦地先③(H29 設置) | 33° 04' 10.14" | 130° 09' 47.54" |

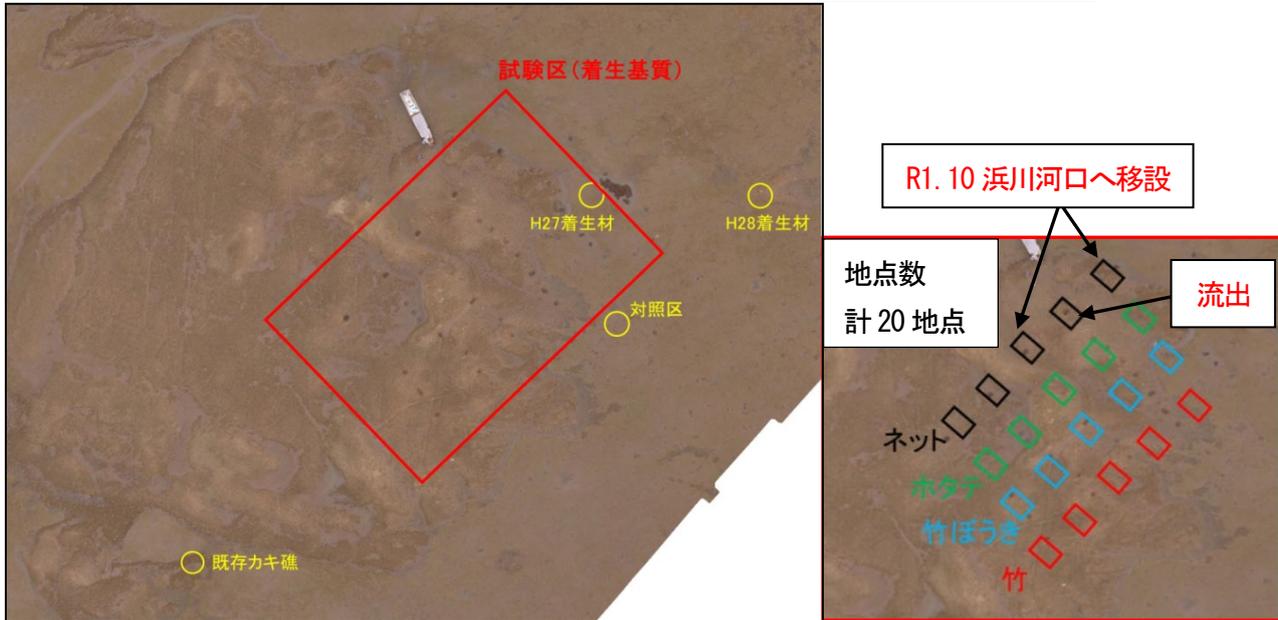


図4 七浦地先における平成29年度に設置したカキ礁着生材の場所と状況

1.3 技術開発ロードマップ

本課題の技術開発ロードマップは、図5のとおりである。5年目にはカキ礁を効率的に造成可能な着生材の作成～設置までが明確となり、漁業者自ら実施可能な手順や留意事項をとりまとめた手引き（案）を作成予定である。

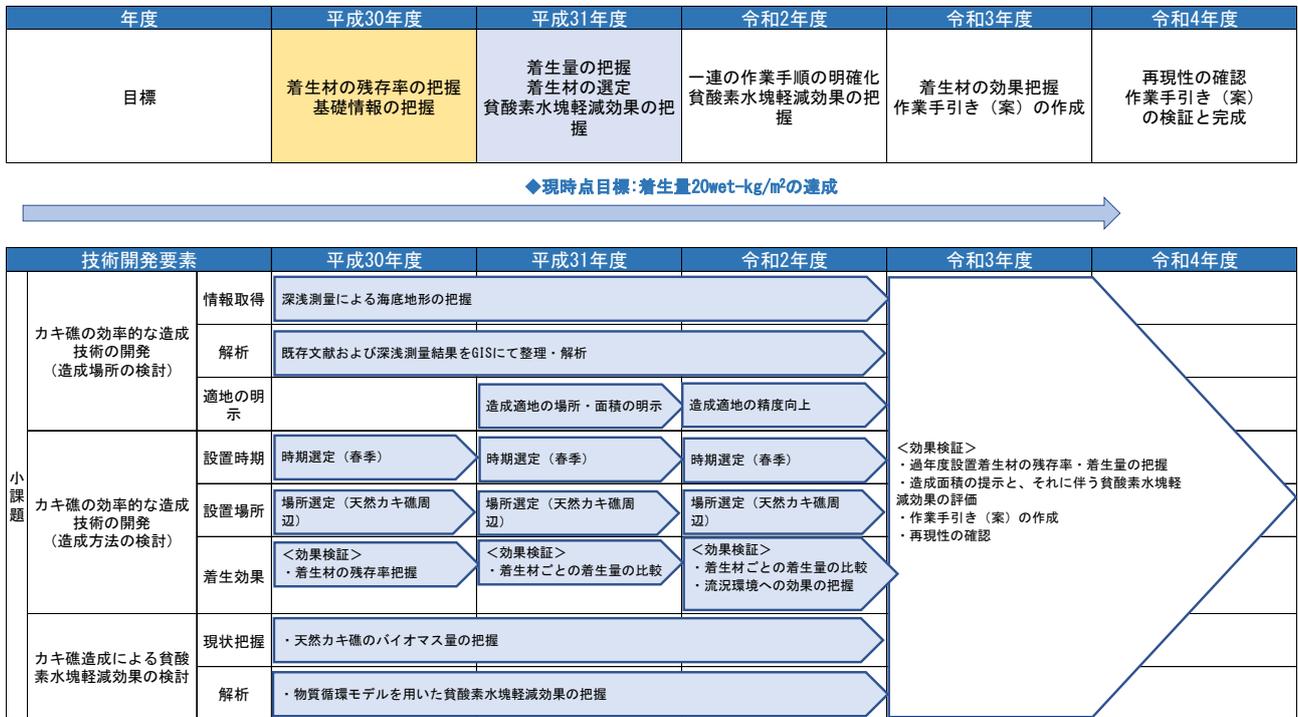


図5 技術開発ロードマップ

1.4 技術開発フロー

本中課題における5か年の技術開発フローを図6に示す。

| | 年度 | 平成30年度 | 平成31年度 | 令和2年度 | 令和3年度 | 令和4年度 |
|-------------------|--|--|---|--|---|-----------------------|
| 小課題 | 各年度の達成目標 ○：目標達成 ×目標不達成 各年度の仮説の設定 | ・過年度結果から従来方法での残存率向上を意図した実証実験 ・基礎情報収集と物質循環モデルの構築 | ・経年でのカキバイオマス量の評価 ・柵式着生材の設置高さの検証 ・物質循環モデルの精度向上 | ・柵式着生材の造成・評価 ・漁業者による作業性の検証 ・新たな調査結果を考慮することによる物質循環モデルの精度向上と予測解析 | ・適用範囲の整理 ・造成効果の検証 ・作業手順と留意事項の整理 ・貧酸素水塊軽減効果の高まるカキ礁造成条件の推定 | ・再現性の確認 ・手引き(案)の完成 |
| カキ礁の効率的な造成方法の開発 | 過年度評価した方法(竹ぼうきと竹)を組み合わせた造成方法は、着生量が多い。 | 着生量の把握 | 【課題】・設置方法の検討 ・着生量の向上 | | | |
| | 竹ぼうきと竹の方法に加えて、柵式などを組み合わせた着生材は、着生量がより向上する。 | | 柵式着生材の設置による地盤高こと着生量の把握 | | | |
| | ・地盤高+0.3mに金網を用いた柵式着生材を設置することで、ネット設置初年度のバイオマス量0.06wet-kg/m ² と同等量以上のカキが着生する。 | | | | 今年度検証 | |
| | 流出対策を施すことで、着生材の残存率が高くなる(コスト削減に繋がる) | 着生材の残存率の把握 | 【課題】・流出対策の検討 ・着生するまで残存させる | | | |
| | 出水時の対策も踏まえた方法は、着生材の残存率をより向上させる。 | | ・柵式着生材のコンボーズを底質に差し込むことで残存率を向上させる ・目標達成までの時間把握 | | | |
| | カキ礁が形成されることにより、流況が変化する。 | 平面2次元浅水流モデルによる検証 | 平面2次元浅水流モデルによる検証 | | 今年度検証 | |
| | 【課題】・地形情報等より現地情報をさらに加え精度を向上させる | 【課題】・3次元モデルを用いたミクロな流況変化の把握 | | | | |
| カキ礁造成効果による貧酸素水塊低減 | カキ礁により貧酸素水塊の発生を軽減できる(推定) | 物質循環モデルによる貧酸素水塊軽減効果の評価 | | | | |
| | カキに加えて、他の生物の影響も踏まえた検証により、貧酸素水塊の発生をより軽減できる。 | 【課題】・カキ以外の生物も加え、精度を向上させる | 物質循環モデルによる貧酸素水塊軽減効果の評価 | 今年度検証 | | |
| | | | 【課題】カキ礁の生息量による変化の把握 | | | |
| カキ礁による手順の確立と確認 | | | | 今年度～来年度で実施・検証 | | |
| | | | | | 次年度以降検証 再現試験 | |

図6 技術開発フロー

1.5 過年度までの取組と残された課題

小課題ごとの昨年度成果と課題を以下に示す。

小課題4-1-1 カキ礁の効率的な造成方法の開発

| 前年度成果 | 課題 |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● ネットが3年で19.18wet-kg/m²で目標値を概ね達成できた ● 残存率が80%を超えたのはネット、ホタテ（3年経過）および棚式着生材（1年目）の3種であった ● カキの着生しやすい設置高は現地盤+0.3mであることが分かった ● カキ造成可能区域は40.1haであることが分かった | <ul style="list-style-type: none"> ● 労力がかからず、かつ、造成面積を確保できる着生材の開発 ● 漁業者自身が実施できるよう、作業手順の明確化が必要 |

| 意見・評価 | 対応 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 棚式着生基盤の問題点と対処法の検討により、この方法の有効性向上を図る。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 漁業者とともに棚式着生材による造成手順、課題を明確にし、継続したモニタリングを実施する。 |

小課題4-1-2 カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果の検討

| 前年度成果 | 課題 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 底層DOが3mg/Lとなる累積時間は、カキ礁の分布条件により異なるが、最大で10～20%軽減できることが分かった | <ul style="list-style-type: none"> ● カキ生息量の変化による貧酸素化面積の減少率の変化の評価 ● カキ礁造成による流況変化等の効果を詳細に把握すること |

| 意見・評価 | 対応 |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● データの蓄積・収集によるモデルの改善による解析精度向上を図る。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 新たに観測された地形データを反映させる改良を実施 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 漁業調整の特性上、佐賀県内での造成がベースとなるので、地域への貢献度も示す必要がある。周囲をノリ漁場に取り囲まれている状況を考慮すると、モデルで計算されたカキが排出する窒素やリンの総量を示しても良いかもしれない。 | <ul style="list-style-type: none"> ● モデルにおいて栄養塩の出力も実施できる様に改良しており、R3年度に最終改良を終えたモデルによる解析結果より、総量の変化について検討する。 |
| <ul style="list-style-type: none"> ● カキ礁のさまざまな機能（カキ類の採苗場所としての機能、他生物の生育場所や索餌場所としての機能、珪藻類のフィルタリング、など）を実測することはできないか。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 今年度の事業においてカキ礁の物理的効果（流況）にまずは取り組み、貧酸素水塊攪拌効果の有無について検証を行う。その他の指摘項目については令和3年度事業以降に検討を行う |
| <ul style="list-style-type: none"> ● カキ礁の貧酸素解消効果の物質循環モデルにつ | <ul style="list-style-type: none"> ● 先行研究ではカキのみを考慮されているが、本課 |

| | |
|--|--|
| <p>いては山口ら（2015）の先行研究があり、それと本課題との違いがわかりにくいと思います。</p> | <p>題ではこれまでの地区協議会等での御助言を受けて、カキ以外の二枚貝も考慮して構築致しました。カキ以外の二枚貝も含めておりますことを、物質循環概念図にも記載させて頂きました。</p> |
| <p>●成果指標としての貧酸素水塊軽減効果をどのように示すかが今後の課題である。造成効果によらない軽減効果とどう分離するかが問題である。</p> | <p>●造成の有無による貧酸素水塊の軽減効果のうち、カキ礁での有機物除去による軽減効果は物質循環モデルによるカキ礁条件の結果の比較になります。</p> <p>造成効果には、今年度の課題にも上げておりますが、カキ礁による上昇流など物理環境の変化による効果も考えられます。R3年度でこれら成果を踏まえて、カキ礁造成による効果を整理検討致します。</p> <p>この中で、造成前（現状）でのカキ礁分布の効果を考察する事で、造成効果によらない軽減効果を検討する予定にしております。</p> |

1.6 今年度の目標、仮説、検証項目

小課題4-1-1 小課題名：カキ礁の効率的な造成技術の開発

| 目標 | 仮説 | 検証項目 |
|--|---|---|
| カキ礁造成可能場所の精度を向上し、現実的なカキ礁造成計画を立案する | - | - |
| 効率的なカキ礁造成方法の開発と、漁業者が実施可能な手順の明確化 | <ul style="list-style-type: none"> ・地盤高+0.3m に金網を用いた棚式着生材を設置することで、ネット設置初年度のバイオマス量 0.06wet-kg/m² と同等量以上のカキが着生する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・着生材ごとの着生量の比較 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・カキ礁が流況へ与える影響を明確化する ・漁業者が実施可能なカキ礁造成手順を明確化する | - | - |

小課題4-1-2 小課題名：カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果の検討

| 目標 | 仮説 | 検証項目 |
|------------------------|----|------|
| 物質循環モデルを用いてカキ礁造成による貧酸素 | - | - |

| | | |
|--------------|--|--|
| 水塊軽減効果进行评估する | | |
|--------------|--|--|

1.7 技術開発工程

本年度中課題の技術開発工程は、表2のとおりである。

表2 技術開発工程

| 内容 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 |
|--------------------------------|----|----|----|----|----|-------|-----|-----|-------|----|----|----|
| 技術検討・評価委員会 | | | | ● | | | | | | | ● | |
| 地区協議会 | | | ● | | | | ● | | | ● | | |
| 事前調査・現地調整・手続き | | ● | ● | | | | | | | | | |
| 小課題 | | | | | | | | | | | | |
| 4-1-1カキ礁造成技術の開発 (1) 造成場所の検討 | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| 4-1-1カキ礁造成技術の開発 (2) 造成方法の検討 | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| 4-1-2カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果の検討 | | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| データ整理・効果検証 | | | | | | ————— | | | | | | |
| 報告書作成 | | | | | | | | | ————— | | | |